

ANALISIS DEBIT BANJIR SUNGAI TONDANO MENGUNAKAN METODE HSS GAMA I DAN HSS LIMANTARA

Sharon Marthina Esther Rapar

Tiny Mananoma, Eveline M. Wuisan, Alex Binilang

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

email: sharon_cvl08@yahoo.com

ABSTRAK

Sungai Tondano adalah salah satu sungai di propinsi Sulawesi Utara, bermuara di teluk Manado, memiliki panjang 39.9 Km dan luas DAS sebesar 544.13 Km². Sungai ini tidak luput dari masalah banjir yang pada akhirnya dapat menyebabkan banyak kerusakan. Untuk perencanaan pengendalian banjir, pengamanan sungai, dan berbagai bangunan air di sungai perlu dilakukan analisis hidrologi untuk mendapatkan besaran banjir rencana. Dalam penelitian ini digunakan metode HSS dan analisis frekuensi.

Untuk menghitung debit banjir di Sungai Tondano digunakan data curah hujan di stasiun Kayuwatu, Papakelan, dan Wasian Kakas dengan periode pencatatan tahun 1992 s/d 2011 dan menggunakan peta topografi skala 1:200.000.

Hasil analisis debit banjir rencana untuk masing-masing metode dengan berbagai periode ulang diperoleh analisis dari HSS Gama I memberikan nilai terbesar, yang kemudian diikuti oleh HSS Limantara. Analisis Frekuensi memberikan nilai terkecil. Besaran debit banjir rencana metode HSS Limantara lebih mendekati hasil analisis menggunakan metode Analisis Frekuensi.

Kata kunci: *Sungai Tondano, HSS Gama I, HSS Limantara, DAS, debit banjir*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Curah hujan, panjang sungai, kemiringan sungai dan luas di suatu DAS (Daerah Aliran Sungai) merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi terjadinya banjir juga mempengaruhi stabilitas keamanan dan kelayakan hidup dari suatu populasi yang ada di wilayah-wilayah tersebut.

Sungai Tondano adalah salah satu sungai yang ada di DAS Tondano, bermuara di teluk manado, memiliki panjang 39.9 Km dengan luas DAS Tondano 544.13 Km².

Sungai Tondano mempunyai fungsi penting sebagai sumber air untuk PDAM, PLTA dan juga kebutuhan air untuk masyarakat sekitar. Namun sungai tersebut berpotensi banjir. Pada tahun 1996, 2000, 2005 dan awal 2013 di sungai ini terjadi banjir sehingga mengakibatkan kerugian yang cukup besar.

Untuk mengurangi resiko terjadinya kerusakan akibat banjir dibutuhkan upaya pengendalian banjir. Perencanaan penen-

dalian banjir di suatu DAS dapat dilakukan dengan baik apabila debit banjir rencana diketahui.

Hidrograf satuan adalah salah satu metode yang bisa digunakan untuk menghitung debit banjir. Namun karena ketersediaan data yang diperlukan untuk menurunkan hidrograf satuan sangat sulit didapat maka digunakan analisis hidrograf satuan sintesis.

Penelitian analisis debit banjir sungai Tondano ini menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis (HSS) GAMA I yang sudah umum digunakan di Indonesia dan sudah pernah diterapkan di daerah Sulawesi Utara, serta metode HSS Limantara yang lokasi penelitiannya sudah dilakukan di beberapa daerah di Indonesia.

Rumusan Masalah

Untuk kebutuhan perencanaan banjir di sungai Tondano yang mengalami keterbatasan data, perlu dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintesis.

Batasan Masalah

1. Analisis hidrologi menggunakan data hujan harian maksimum selama 20 tahun dari 3 stasiun yaitu, stasiun Kayuwatu, stasiun Papakelan, dan stasiun Wasian Kakas.
2. Titik kontrol di muara sungai
3. Metode yang digunakan adalah metode HSS Gama I dan Limantara, analisis frekuensi dan beberapa metode empiris.
4. Kala ulang rencana pada 1, 2, 5, 10, 50, 100 tahun.

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Memperoleh besaran debit banjir rencana.
2. Membandingkan debit banjir rencana HSS Gama I dan HSS Limantara terhadap hasil analisis frekuensi

Manfaat Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dan pertimbangan tentang penggunaan metode HSS Gama I dan HSS Limantara dalam analisis debit banjir rencana di DAS Tondano.

LANDASAN TEORI

Sri Harto (1993) mendefinisikan Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah di mana semua airnya mengalir ke dalam suatu sungai yang dimaksudkan.

Daerah ini umumnya dibatasi oleh batas topografi, yang berarti ditetapkan berdasarkan pada aliran permukaan, dan bukan ditetapkan berdasarkan pada air bawah tanah karena permukaan air tanah selalu berubah sesuai dengan musim dan tingkat kegiatan pemakaian.

Analisis Frekuensi

Tujuan dari analisis frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas.

Analisis frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun, yang terukur selama beberapa tahun (Triatmodjo, 2008).

Parameter Statistik

Dalam analisis data hidrologi diperlukan ukuran-ukuran numerik yang menjadi ciri data tersebut. Parameter yang digunakan dalam analisis susunan data dari suatu variabel disebut dengan parameter statistik (Triatmodjo, 2008).

Parameter statistik yang digunakan dalam analisis data hidrologi yaitu: rata-rata hitung, simpangan baku (*standar deviasi*), koefisien variasi, kemencengan (koefisien *skewness*) dan koefisien *kurtosis*. Fungsi distribusi peluang yang digunakan yaitu: distribusi Normal, distribusi Gumbel, distribusi Log Normal, distribusi Log Pearson III.

Uji Kecocokan

Pengujian kecocokan dimaksudkan untuk menilai apakah kurva frekuensi tipe distribusi tertentu dapat menggambarkan/mewakili distribusi data pengamatan. Pengujian kecocokan dilakukan dengan uji Smirnov-Kolmogorov (Triatmodjo, 2008).

Debit Banjir Rencana

Debit banjir rencana adalah debit terbesar yang mungkin terjadi pada sungai bersangkutan.

Ada beberapa metode untuk memperkirakan debit banjir. Metode yang dipakai pada suatu lokasi lebih banyak ditentukan oleh ketersediaan data. Metode yang umum dipakai adalah metode hidrograf banjir dan metode rasional. (Suripin, 2003).

Hidrograf Satuan

Hidrograf adalah penyajian antara salah satu unsur aliran dengan waktu. Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung (*direct run off hydrograph*) yang dihasilkan oleh hujan efektif yang terjadi merata diseluruh DAS dan dengan intensitas tetap dalam satu satuan waktu yang ditetapkan.

Hidrograf Satuan Sintetis Gama I

Karena berbagai sebab, data-data yang diperlukan untuk memperoleh hidrograf satuan dari suatu kasus banjir sering sulit diperoleh atau tidak tersedia. Maka untuk mengatasi hal ini dikembangkan suatu cara untuk mendapatkan hidrograf satuan tanpa mempergunakan data tersebut.

Parameter-parameter DAS ternyata sangat menentukan pengalihragaman hujan menjadi banjir. Parameter-parameter tersebut dapat

diukur dengan mudah dari peta topografi yang merupakan parameter DAS yang secara hidrologi mudah dijelaskan pengaruhnya terhadap hidrograf.

Hidrograf satuan ini kemudian disebut sebagai HIDROGRAF SATUAN SINTETIK (HSS) GAMA I. (Sri Harto, 1985). Metode ini dikembangkan di Pulau Jawa dan dianggap cocok untuk kondisi DAS yang ada di Indonesia.

Parameter-parameter yang diperlukan dalam analisis menggunakan HSS Gama I yaitu: Luas DAS (A), Panjang alur sungai utama (L), Panjang alur sungai ke titik berat DAS (Lc), Kelandaian sungai (S), Kerapatan jaringan kuras (D), Faktor sumber (SF), Frekuensi sumber (SN), Faktor lebar (WF), Luas DAS sebelah hulu (RUA), Faktor simetri (SIM), Jumlah pertemuan sungai (JN).

HSS Gama I terdiri dari beberapa variabel pokok yaitu:

1. Waktu Naik (TR)

$$TR = 0.43 \left(\frac{L}{100 SF} \right)^3 + 1.0665 SIM + 1.2775 \quad (1)$$

2. Debit Puncak (QP)

$$Qp = 0.1836A^{0.5886} TR^{-0.4008} JN^{-0.2381} \quad (2)$$

3. Waktu Dasar (TB)

$$TB = 27.4132TR^{0.1457} S^{-0.0986} SN^{-0.7344} RUA^{0.2574} \quad (3)$$

4. Koefisien Tampungan

$$K = 0.5617A^{0.1793} S^{-0.1446} SF^{-1.0897} D^{0.0452} \quad (4)$$

5. Aliran Dasar (QB)

$$QB = 0.4751A^{0.6444} D^{0.9430} \quad (5)$$

Untuk menghitung hujan efektif (Re) :

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 \times 10^{-6} A^2 + 1,6985 \times 10^{-13} \left(\frac{A}{SN} \right)^4 \quad (6)$$

Hidrograf Satuan Sintetis Limantara

Selain HSS Gama I, ada juga Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara yang ditemukan oleh Lily Montarcih Limantara, tahun 2006. Lokasi penelitiannya di sebagian wilayah Indonesia yaitu di Jawa, Bali, Lombok dan Kalimantan Timur. Karena lokasi penelitiannya dilakukan pada DAS-DAS di Indonesia sehingga mempunyai karakteristik DAS Indonesia.

Parameter-parameter yang dipakai dalam HSS Limantara antara lain: Luas DAS (A), Panjang sungai utama (L), Panjang sungai diukur sampai titik terdekat dengan titik berat DAS (Lc), Kemiringan sungai (S), Koefisien kekasaran (n).

Persamaan HSS Limantara

- a. Persamaan debit puncak

$$Qp = 0.042 A^{0.451} L^{0.497} Lc^{0.356} S^{-0.131} n^{0.168} \quad (7)$$

- b. Persamaan kurva naik

$$Qn = Qp \cdot [(t/Tp)]^{1.107} \quad (8)$$

- c. Persamaan kurva turun

$$Qt = Qp \cdot 10^{0.175(Tp-t)} \quad (9)$$

- d. Waktu Puncak Banjir (Tp)

$$Tp = tg + 0.8 tr \quad (10)$$
(Limantara, 2010)

Metode Rasional

Metode rasional banyak digunakan untuk memperkirakan debit puncak yang ditimbulkan oleh hujan deras pada daerah tangkapan (DAS). Metode ini sangat simpel dan mudah penggunaannya, namun penggunaannya terbatas untuk DAS dengan ukuran kecil. Jika ukuran daerah pengaliran > 2,5 km² maka koefisien pengaliran bisa dipecah-pecahkan sesuai tata guna lahan yang bersangkutan. (Triatmodjo, 2008).

Analisis debit puncak dengan menggunakan persamaan:

$$Qp = 0,278 C.I.A \quad (11)$$

Koefisien Pengaliran:

$$C = Crata - rata = \frac{\sum_{i=1}^n CiAi}{\sum_{i=1}^n Ai} \quad (12)$$

Intensitas Curah Hujan:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \cdot \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} \quad (13)$$

Waktu Konsentrasi:

$$tc = \left[\frac{0.87 \times L^2}{1000 \times s} \right]^{0.385} \quad (14)$$

Metode Empiris

Metode Empiris pada umumnya juga digunakan untuk memperkirakan debit puncak banjir pada suatu daerah penelitian tertentu, dimana rumusnya dibuat berdasarkan hubungan statistik pengamatan debit puncak banjir dengan karakteristik daerah aliran sungai. (Nugroho, 2011).

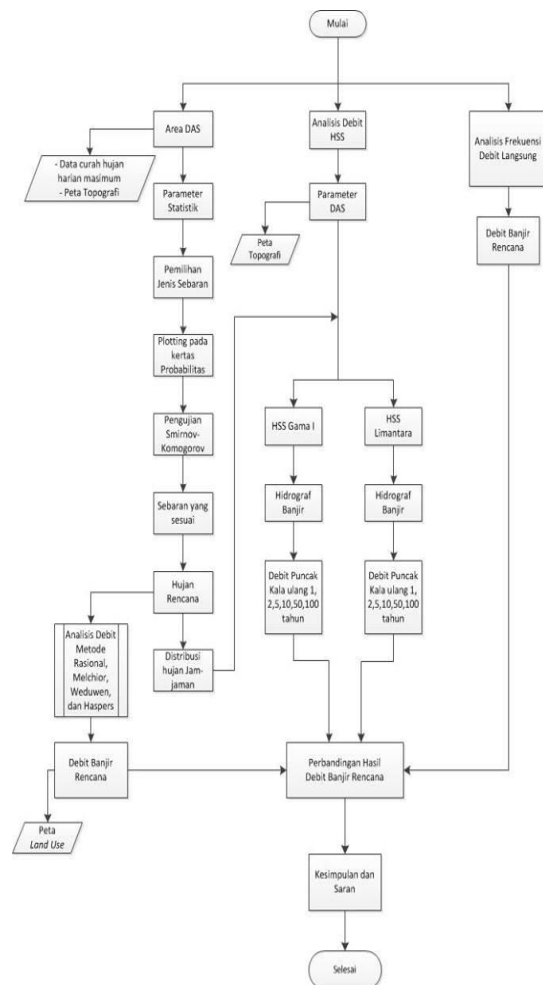
Di Indonesia, khususnya di Jawa, pengamatan mengenai keadaan hujan untuk menentukan debit puncak banjir telah diadakan oleh Ir. A. P. Melchior, Dr. J. Boerema, Ir. F. H. Van Kooten, Ir. J. P. der Weduwen.

Untuk menentukan hubungan antara curah hujan dan debit banjir, rumus umumnya adalah:

$$Q_p = C \times \beta \times R \times A \quad (15)$$

METODOLOGI PENELITIAN

Bagan Alir Penelitian



ANALISIS HASIL

Analisis Curah Hujan Rencana

Data curah hujan harian maksimum yang digunakan dalam analisa ini bersumber dari BMKG Kayuatu dengan periode pencatatan 1992 s/d 2011. Stasiun pengamatan yang digunakan adalah stasiun yang berada di dalam lokasi penelitian. Stasiun-stasiun di DAS Tondano yang digunakan yaitu Stasiun Kayuatu, Stasiun Papakelan, Stasiun Wasian Kakas.

Tabel 1. Data Curah Hujan Harian Maksimum

Tahun	Data Curah Hujan Harian Maksimum (mm)		
	Sta. Kayuatu	Sta. Papakelan	Sta. Wasian Kakas
1992	462	383,2	397
1993	312	326	440
1994	501	85,7	151,7
1995	188	76,2	94,0
1996	122	292,1	265,1
1997	91	230,4	208,2
1998	84	453	99
1999	165	338	89
2000	99	443	100
2001	96	95,6	102
2002	121	120,7	98
2003	62	61,8	104
2004	106	88,8	128
2005	74	66,7	126
2006	80,2	80,2	146
2007	108,8	108,8	127
2008	95,2	95,2	87
2009	75,4	92,6	341,5
2010	56,8	52,8	390,5
2011	92	92	346

Sumber : BMKG Kayuatu

Pemilihan Tipe Distribusi Berdasarkan Parameter Statistik

Parameter data yang digunakan untuk dapat menentukan jenis sebaran yang tepat dibagi 5 bagian besar pengukuran, yaitu: pengukuran *central tendency* (mean) atau rata-rata hitung, simpangan baku (*standar deviasi*), kemencengan (*koefisien skewness*), koefisien variasi, dan koefisien keruncingan (*koefisien kurtosis*).

Penentuan jenis distribusi yang sesuai dengan data dilakukan dengan mencocokkan parameter statistik dengan syarat masing-masing jenis distribusi.

Tabel 2. Tinjauan Kesesuaian Tipe Distribusi Berdasarkan Parameter Statistik

Jenis Distribusi	Persyaratan	Hasil
Normal	$C_s \approx 0$ $C_k \approx 3$	$C_s = 1,2642$ $C_k = 4,6823$
Log Normal	$C_s = Cv^3 + 3Cv = 0,2874$ $C_k = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3 = 3,147$	$C_s = 0,3855$ $C_k = 2,6708$
Gumbel	$C_s \approx 1,14$ $C_k \approx 5,4$	$C_s = 1,2642$ $C_k = 4,6823$
Log Pearson III	Selain dari nilai di atas	$C_s = 0,3855$ $C_k = 2,6708$

Berdasarkan hasil tinjauan parameter statistik data pengamatan tidak memenuhi terhadap syarat batas parameter statistik, maka data dicoba dengan menggunakan cara grafis.

Pemilihan Tipe Distribusi Dengan Cara Grafis

Pemilihan tipe distribusi yang sesuai dengan distribusi data pengamatan dilakukan dengan membuat garis kurva frekuensi berdasarkan persamaan matematis masing-masing tipe distribusi. Hasil yang diharapkan adalah terbentuknya kurva frekuensi berdasarkan referensi titik-titik nilai teoritis dengan menggunakan persamaan matematis kurva frekuensi tipe-tipe distribusi yang dapat mewakili distribusi data pengamatan. Penggambaran dilakukan pada kertas probabilitas.

Uji Kecocokan

Metode pengujian yang digunakan adalah metode Smirnov-Kolmogorov. Pengujian Smirnov-Kolmogorov dilakukan dengan melihat penyimpangan peluang terbesar antara data pengamatan dengan data teoritis.

Tabel 3. Uji Kecocokan Distribusi Data Terhadap Distribusi Teoritis

Tipe Sebaran	Selisih Peluang (Dmax)	Syarat Smirnov-Kolmogorov	Keterangan
Normal	0,169	$D \leq 0,29$	memenuhi
Gumbel	0,130	$D \leq 0,29$	memenuhi
Log-Normal	0,149	$D \leq 0,29$	memenuhi
Log-Pearson III	0,124	$D \leq 0,29$	memenuhi

Dengan demikian semua tipe sebaran memenuhi syarat uji Smirnov-Kolmogorov. Namun untuk menghitung debit banjir rencana dipakai tipe sebaran yang memberikan nilai Dmax yang paling kecil, dalam hal ini adalah tipe sebaran Log Pearson III.

Maka diperoleh hujan rencana berdasarkan metode Log Pearson III dengan periode ulang tertentu, seperti dalam tabel berikut.

Tabel 4. Hujan Rencana metode Log Pearson III Dengan Periode Ulang Tertentu

Periode Ulang (T)	Hujan (mm)
1	85,8028
2	150,7478
5	230,4707
10	293,0844
50	460,5788
100	545,4584

Analisis Debit Banjir Rencana

Dalam menghitung debit banjir rencana digunakan dua metode yaitu Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) GAMA I yang dikembangkan oleh Sri Harto (1985) dan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) Limantara (2010).

Hidrograf Satuan Sintetis GAMA I

Untuk menghitung debit banjir rencana dengan menggunakan Hidrograf Satuan Sintetis (HSS) GAMA I, perlu diketahui parameter-parameter DAS yang merupakan hasil analisis dari peta topografi dengan skala 1:200.000, diperoleh: SF = 0,542, SN = 0,525, WF = 1,441, A = 544,13 km², RUA = 0,451, SIM = 0,650, L = 39,9 km, s = 0,0177, D = 1,205, JN = 226

Kemudian diperoleh variabel-variabel pokok dalam HSS Gama I sebagai berikut:

TR (waktu naik) = 2,14 jam
 Qp (debit puncak) = 20,05 m³/det
 TB (waktu dasar) = 23,15 jam
 K (koef tahanan) = 6,12
 QB (aliran dasar) = 32,82 m³/det
 Qt (hidrograf debit) = 12,28 m³/det

Setelah mengetahui variabel-variabel pokok dalam HSS GAMA I, maka untuk menggambar lengkung hidrograf banjir sebelumnya diperlukan hujan jam-jaman yang diubah dari hujan harian.

Hujan jam-jaman diambil dari hasil kajian yang dilakukan oleh Fakultas Teknik UGM pada tahun 1986 yaitu hujan yang terjadi dalam 4 jam.

Untuk hujan efektif (Re) diperoleh $\Phi = 9,5432$ mm.

Perhitungan hujan efektif untuk curah hujan dalam berbagai periode, adalah sebagai berikut.

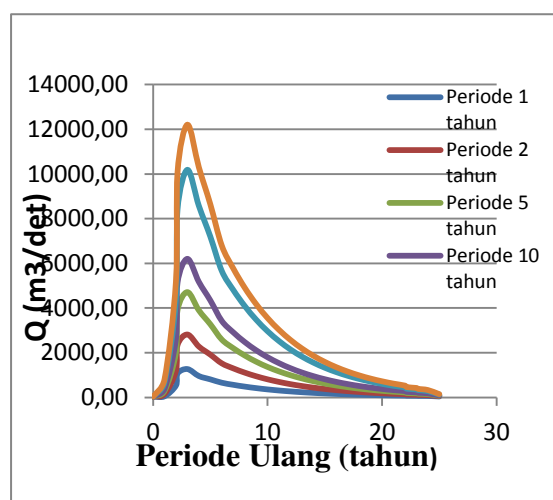
Tabel 5. Hujan Efektif untuk curah hujan dalam berbagai periode ulang

Kala Ulang (Tr)	Φ (mm)	Distribusi Hujan Efektif			
		Jam ke-1	Jam ke-2	Jam ke-3	Jam ke-4
1	9,5432	1.1822	35.5033	5.9014	5.0433
2	9,5432	9,3003	69,5994	17,5915	16,0840
5	9,5432	19,2657	111,4539	31,9416	29,6369
10	9,5432	27,0924	144,3261	43,2120	40,2812
50	9,5432	48,0292	232,2607	73,3610	68,7552
100	9,5432	58,6391	276,8225	88,6394	83,1848

Kemudian dihitung debit banjir rencana DAS Tondano dengan berbagai periode ulang, diperoleh

Tabel 6. Debit Banjir Rencana HSS GAMA I Untuk Berbagai Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	Debit Banjir Rencana (m^3/det)
1	1268,73
2	2814,45
5	4711,88
10	6202,11
50	10188,54
100	12208,71



Gambar 1. Hidrograf debit banjir rencana HSS GAMA I dengan berbagai periode ulang

Hidrograf Satuan Sintetis Limantara

Parameter-parameter DAS hasil analisis dari peta topografi yang dipakai dalam HSS Limantara diperoleh:

$A = 544,13 \text{ km}^2$, $L = 39,9 \text{ km}$, $L_c = 35,6 \text{ km}$, $S = 0,0177$, $n = 0,040$.

Hasil analisis diperoleh:

Debit puncak : $Q_p = 15,87 \text{ (m}^3/\text{dt/mm)}$

Kurva naik:

Untuk $t = 0 \text{ jam}$ s/d 3 jam , memakai kurva naik.

$$Q_n = 15,87 \left[\left(\frac{t}{3,514} \right) \right]^{1,107}$$

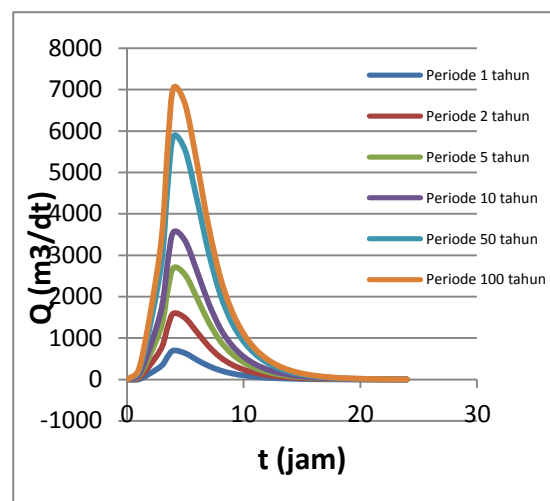
Kurva turun :

Untuk $t > 3,514 \text{ jam}$, memakai kurva turun.

$$Q_t = 15,87 * 10^{0,175(3,514-t)}$$

Tabel 7. Debit Banjir Rencana HSS Limantara Untuk Berbagai Periode Ulang

Periode Ulang (tahun)	Debit Banjir Rencana (m^3/det)
1	700,468
2	1597,24
5	2698,08
10	3562,66
50	5875,47
100	7047,50



Gambar 2. Hidrograf debit banjir rencana HSS Limantara dengan berbagai periode ulang

Metode Rasional

Waktu Konsentrasi : $t_c = 5,36 \text{ jam}$

Intensitas Curah Hujan:

Dengan menggunakan curah hujan rencana pada Tabel 4, maka diperoleh intensitas hujan sebagai berikut .

Tabel 8. Intensitas Curah Hujan Berdasarkan Periode Kala Ulang

Periode Ulang (T)	Intensitas (mm/jam)
1	23,88
2	41,96
5	64,15
10	81,57
50	128,19
100	151,82

Untuk debit puncak Metode Rasional untuk berbagai periode ulang dapat dilihat pada Tabel 9 berikut.

Tabel 9. Debit Puncak Metode Rasional Berdasarkan Periode Kala Ulang

Periode Ulang (T)	Debit Puncak (m ³ /detik)
1	1838,37
2	3229,85
5	4937,96
10	6279,49
50	9868,15
100	11686,74

Metode Empiris

Debit banjir berbagai periode ulang dari metode Melchior dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 10. Debit Banjir Rencana Metode Melchior Berdasarkan Periode Kala Ulang

Periode Ulang (Tr)	Debit Puncak (m ³ /detik)
1	359,762
2	630,762
5	964,339
10	1226,329
50	1927,162
100	2282,317

Debit banjir berbagai periode ulang dari metode Weduwen dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 11. Debit Banjir Rencana Metode Weduwen Berdasarkan Periode Kala Ulang

Periode Ulang (Tr)	Debit Puncak (m ³ /detik)
1	396,284
2	696,235
5	1064,438
10	1353,622
50	2127,201
100	2519,221

Debit banjir berbagai periode ulang dari metode Haspers dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 12. Debit Banjir Rencana Metode Haspers Berdasarkan Periode Kala Ulang

Periode Ulang (Tr)	Debit Puncak (m ³ /detik)
1	234,012
2	411,137
5	628,567
10	799,335
50	1256,145
100	1487,639

Analisis Frekuensi Data Debit

Data debit yang digunakan adalah data debit langsung sungai Tondano dari tahun 2003-2012.

Tabel 13. Data Debit Langsung Sungai Tondano

No,	Tahun	Data Debit Langsung
1	2003	133,744
2	2004	68,288
3	2005	61,513
4	2006	100,971
5	2007	58,213
6	2008	43,374
7	2009	147,82
8	2010	328,836
9	2011	189,388
10	2012	59,754

Sumber : Balai Wilayah Sungai

Dengan melakukan analisis menggunakan parameter statistik, cara grafis, sampai pada uji kecocokan Smirnov-Kolmogorov, seperti yang dilakukan pada analisis curah hujan rencana maka diperoleh diperoleh debit banjir rencana untuk berbagai periode ulang sebagai berikut:

Tabel 14. Debit Banjir Rencana Dengan Periode Ulang Tertentu

Priode Ulang (T)	Debit (m ³ /det)
1	45,559
2	91,055
5	162,399
10	229,064
50	450,699
100	585,493

PEMBAHASAN

Pada analisis yang telah dilakukan, dengan data curah hujan yang ada dilakukan perhitungan menggunakan parameter statistik untuk penentuan jenis distribusi yang sesuai. Namun dari hasil perhitungan parameter statistik data curah hujan tidak sesuai untuk distribusi Normal, Gumbel, Log Normal.

Selanjutnya dilakukan uji kecocokan dengan menggunakan metode Smirnov-Kolmogorov. Ini dilakukan dengan melihat penyimpangan peluang terbesar antara data pengamatan dengan data teoritis. Dari hasil

pengujian menunjukkan bahwa semua tipe sebaran (Normal, Gumbel, Log Normal, Log Pearson III) memenuhi syarat untuk uji Smirnov-Kolmogorov karena memiliki nilai D_{max} (selisih peluang terbesar antara distribusi data dan teoritisnya) lebih kecil dari nilai kritis ($D_0 = 0,29$). Namun dari keempat sebaran yang ada tipe distribusi Log Pearson III yang memiliki D_{max} paling kecil yaitu 0,124, sehingga curah hujan rencana yang digunakan adalah curah hujan rencana yang mengikuti distribusi Log Pearson III.

Dengan curah hujan rencana yang diperoleh, dihitung debit banjir rencana sungai Tondano menggunakan Metode Hidrograf Satuan Sintetis yaitu HSS Gama I dan HSS Limantara, juga Metode Rasional dengan periode ulang 2 tahun, 5 tahun, 10 tahun, 50 tahun, 100 tahun.

Setelah mengetahui variabel-variabel pokok dalam HSS Gama I dan HSS Limantara maka untuk memperoleh hidrograf banjir diperlukan sebelumnya data hujan jam-jaman.

Distribusi hujan jam-jaman dianalisis dari hasil kajian yang dilakukan oleh Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada pada tahun 1986 yaitu hujan yang terjadi dalam 4 jam.

Dari hasil curah hujan rencana dianalisis kembali menjadi hujan jam-jaman. Kemudian diubah menjadi hujan efektif dengan mengurangi nilai distribusi hujan jam-jaman dengan limpasan langsung.

Untuk menghitung debit banjir rencana menggunakan metode Rasional, terlebih dahulu dilakukan perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode Mononobe, dengan memperhitungkan waktu konsentrasi menggunakan metode Kirpich.

Selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien pengaliran berdasarkan peta tata guna lahan yang ada. Dan dengan intensitas

yang sudah dihitung berdasarkan kala ulang, maka debit banjir rencana untuk metode Rasional dapat diperoleh.

Ada pula metode hasil modifikasi dari metode rasional yang digunakan dalam menghitung debit banjir, yaitu metode Melchior, metode Weduwen, dan metode Haspers.

Untuk debit langsung pengukuran dilapangan untuk sungai Tondano memiliki data 10 tahun terakhir (2003-2012) yang diambil dari rekaman data yang telah diolah oleh Balai Wilayah Sungai Sulawesi I. Data debit yang diperoleh ini kemudian dianalisis untuk mendapatkan debit banjir rencana sungai Tondano.

Dengan demikian debit banjir rencana berbagai periode ulang untuk setiap metode adalah sebagai berikut: Perolehan debit banjir rencana sungai Tondano dipengaruhi juga oleh parameter yang digunakan dalam masing-masing metode.

Jenis-jenis parameter yang digunakan dalam setiap metode berpengaruh pada hasil dari nilai debit yang didapat, karena memiliki sensitivitas terhadap setiap rumus yang digunakan.

Faktor luas, pengaruh stasiun untuk menentukan curah hujan rata-rata, penentuan hujan jam-jaman, penentuan koefisien pengaliran, perbedaan pengambilan data antara curah hujan maksimum dan debit langsung maksimum, adalah beberapa faktor yang mempengaruhi sehingga memberikan nilai debit rencana yang besar untuk metode-metode yang menggunakan curah hujan rencana.

Sedangkan analisis frekuensi data debit langsung memberikan hasil yang lebih kecil karena dalam perhitungannya tidak dipengaruhi oleh faktor-faktor DAS yang ada.

Tabel 15. Debit Banjir Rencana Berbagai Periode Ulang Untuk Setiap Metode

Periode Ulang (Tr)	HSS		Analisis Frekuensi	Metode Empiris			
	Gama I	Limantara		Metode Rasional	Metode Melchior	Metode Weduwen	Metode Haspers
1	1268,73	700,47	45,56	1838,37	359,76	396,28	234,01
2	2814,45	1597,24	91,06	3229,85	630,76	696,24	411,14
5	4711,88	2698,08	162,40	4937,96	964,34	1064,44	628,57
10	6202,11	3562,66	229,06	6279,49	1226,33	1353,62	799,34
50	10188,54	5875,47	450,70	9868,15	1927,16	2127,20	1256,15
100	12208,71	7047,50	585,49	11686,74	2282,32	2519,22	1487,64

KESIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa perolehan besaran debit banjir rencana

metode HSS Limantara lebih mendekati perolehan debit banjir rencana dari analisis frekuensi.

DAFTAR PUSTAKA

Limantara, Montarcih., 2010. *Hidrologi Praktis*, CV. Lubuk Agung, Bandung.

Sri Harto, 1993. *Analisis Hidrologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta

Suripin, 2003. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta

Triatmodjo, Bambang., 2008. *Hidrologi Terapan*, Betta Offset, Yogyakarta.

_____. Badan Meteorologi dan Geofisika Kayuwatu

_____. Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Tondano

_____. Balai Wilayah Sungai Sulawesi Utara I